

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-029202

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 10-200279

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.07.1998

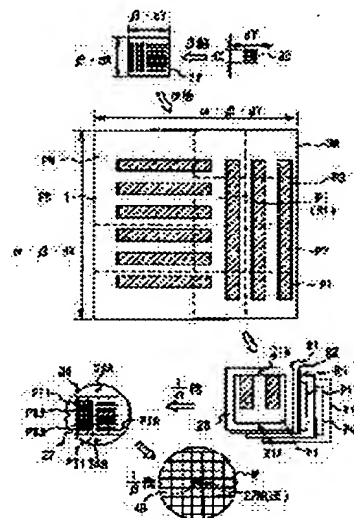
(72)Inventor : OTA KAZUYA

(54) PRODUCTION OF MASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a transfer pattern with high accuracy in a short time by using a second substrate from which a part of an absorbing layer is removed as a reflection type mask.

SOLUTION: In the first step, a master pattern 36 is formed by magnifying the pattern to be formed on a mask, and the master pattern 36 is drawn on a first substrate which transmits UV rays in 100 to 400 nm wavelength region to produce master masks P1 to PN. In the second step, a reflection layer which reflects ultra UV rays and an absorbing layer which absorbs the ultra UV rays are formed on a specified second substrate. In the third step, reduced images of the patterns of the master masks P1 to PN are projected on the second substrate by using a reduction stepper which reduces and projects an image with UV rays of 100 to 400 nm wavelength as exposure beams so as to remove a part of the absorbing layer. The second substrate from which a part of the absorbing layer is removed is used as a reflection type mask.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

[JP,2000-029202,A]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the manufacture approach of the mask of the reflective mold for aligners using the extreme ultraviolet radiation of the range whose wavelength is 1-50nm as an exposure beam. the 1st original edition pattern which expanded the pattern formed in said mask -- creating -- this -- with the 1st process which draws on the 1st substrate which makes the ultraviolet radiation whose wavelength is 100-400nm about the 1st original edition pattern penetrate, and manufactures a parent mask The 2nd process which carries out the laminating of the reflecting layer which reflects said extreme ultraviolet radiation, and the absorption layer which absorbs said extreme ultraviolet radiation, and forms it on the 2nd predetermined substrate, Projection exposure of the contraction image of the pattern of said parent mask with which wavelength was manufactured at said 1st process using the projection aligner which performs contraction projection by using as an exposure beam ultraviolet radiation which is 100-400nm is carried out on the 2nd [said] substrate manufactured at said 2nd process. The manufacture approach of the mask characterized by using said 2nd substrate from which it has the 3rd process which removes said a part of absorption layer, and said a part of absorption layer was removed as said reflective type of a mask.

[Claim 2] Said 2nd substrate is the manufacture approach of the mask according to claim 1 characterized by being a circular substrate substantially.

[Claim 3] Claim 1 characterized by said 2nd substrate moving in one the attachment component by which adsorption maintenance is carried out, and this 2nd substrate in the projection aligner used at said 3rd process, or the manufacture approach of a mask given in two.

[Claim 4] Claims 1 and 2 characterized by holding this substrate in the projection aligner used at said 3rd process so that the front face of said 2nd substrate may maintain the flatness of 0.1-0.3 micrometers substantially on 100mm square, or the manufacture approach of a mask given in three.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] In case this invention manufactures the mask for aligners which uses especially extreme ultraviolet radiation (EUV light), such as soft X ray, as an exposure beam about the manufacture approach of the mask used as an original edition pattern in case micro devices, such as a semiconductor integrated circuit, image sensors (CCD etc.), a liquid crystal display component, or the thin film magnetic head, are manufactured using a lithography technique, it is used, and it is suitable.

[0002]

[Description of the Prior Art] In case devices, such as a semiconductor integrated circuit, are manufactured, the photo mask with which the original edition pattern which expanded the circuit pattern which should be formed to about 4 to 5 times was formed is used, and the imprint method which carries out contraction projection of the pattern of this photo mask on exposed substrates, such as a wafer or a glass plate, through contraction projection optics is used. An aligner is used in the case of the imprint of the pattern of such a photo mask, and the photo mask used with the contraction projection mold aligner of a step-and-repeat method is also called the reticle.

[0003] Conventionally, such a reticle was manufactured by using an electron beam exposure system or laser beam drawing equipment on a predetermined substrate (BURANKUSU), and drawing an original edition pattern. That is, after forming a mask ingredient (light-shielding film) and applying a resist on the substrate, the original edition pattern is drawn using an electron beam exposure system or laser beam drawing equipment. Then, the original edition pattern was formed with the mask ingredient by developing the resist and performing etching processing etc. in this case, since the pattern which expanded the pattern of a device beta twice is sufficient as the original edition pattern drawn by that reticle when the contraction scale factor of the aligner of the contraction projection mold which uses that reticle is made into $1/\text{beta}$ twice, the drawing error by drawing equipment is reduced about $1/\text{beta}$ twice on a device. therefore, the pattern of a device can be substantially formed by twice [about $1/\text{beta}$] as many resolving power as the resolving power by drawing equipment.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Conventionally, the original edition pattern of a reticle was drawn by the electron beam exposure system or laser beam drawing equipment like the above. About this, according to the advance of a lithography technique, the minimum line width (resolution) of the projection image for which an aligner is asked is becoming thin gradually, and it is predicted in 2005 that it is necessary to expose the pattern of the minimum line width not more than about 100nm

or it. The contraction projection mold exposure approach (b) optical [as the exposure approach for exposing such a pattern], A contraction imprint (**) -- the contraction imprint and ion beam (Ha) using an electron ray were used -- The exposure approach of a pro squeak tee method of having used the (d) X-ray, The lithography technique (EUVL:Extreme Ultraviolet Lithography) which projects the contraction image of the reticle of a reflective mold by using as an exposure beam extreme ultraviolet radiation (EUV light) which consists of soft X ray with a wavelength of about 5-20nm is examined. and (**) -- As for the part, development is actually performed. The especially leading exposure approach in these is EUVL of (e).

[0005] Moreover, the point that all except the exposure approach of a pro squeak tee method that the X-ray of (d) was used for these exposure approaches are the projection exposure approaches which made the contraction scale factor about 1 / four to 1/10 is common. So, in order to expose on a wafer the pattern whose minimum line width is about 100nm, using a contraction scale factor as 1/4 time, on a corresponding reticle, minimum line width needs to form the original edition pattern which is about 400nm. In this case, if control precision of required line breadth is made into about **5% of minimum line width, the line breadth control precision of about **20nm or less will be required.

[0006] Furthermore, since the superposition precision (overlay accuracy) for which an aligner is asked is about [of minimum line width] 1/3, the superposition precision for which minimum line width is needed with the aligner which is about 100nm is set to about 30nm or less. The location precision from which the alignment precision of the stage system of an aligner, the distortion of a contraction projection system, etc. are permitted by the original edition pattern of a reticle itself besides the location precision of the original edition pattern on a reticle by the factor which determines superposition precision for a certain reason is about at most 10nm.

[0007] As mentioned above, if the minimum line width on a wafer becomes about [of about 100nm, i.e., current minimum line width,] 1/2, the degree of integration of the original edition pattern on a corresponding reticle will increase about 4 times. The drawing time amount of the original edition pattern whose electron beam exposure system (the same is said of laser beam drawing equipment) is a picture-drawn-without-lifting-the-brush-from-the-paper method so to speak at this time and that minimum line width of whose is about 100nm since drawing (being in inverse proportion to square of minimum line width) time amount becomes long in proportion [almost] to the degree of integration of an original edition pattern increases by about 4 times the present drawing time amount. However, it continued between such long

drawing time amount (for example, half a day - one day), and it is difficult to maintain the drawing equipment at a stable condition, and there was a possibility that the location gap which exceeds the allowed value of an original edition pattern in the drawing time amount might arise. Furthermore, when manufacturing two or more sheets of the reticle (working reticle), for example to two or more production lines, the time amount which manufacture takes in proportion to the number of sheets will become long.

[0008] Moreover, using the silicon wafer itself is examined as a substrate of the reticle of the reflective mold for EUVL. The about about 5 times, since it is large, if, as for the coefficient of linear expansion of a silicon wafer, the drawing time amount by the electron beam exposure system becomes long to a thing with a small coefficient of linear expansion, it becomes impossible however, for the quartz currently generally used conventionally to also disregard a location gap of the original edition pattern by the thermal expansion of the silicon wafer in the drawing time amount.

[0009] Furthermore, it is not necessarily easy in the present condition to suppress the location precision of an original edition pattern to about 10nm as mentioned above with an electron beam exposure system, either. It sets it as the 1st purpose that this invention offers the manufacture approach of the mask which can form the pattern for an imprint in a short time with high precision in view of this point. Moreover, this invention sets it as the 2nd purpose to offer the manufacture approach of the mask which can form the mask which can use extreme ultraviolet radiation (EUV light) as a mask of a reflective mold in the aligner used as an exposure beam with high precision in a short time.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The manufacture approach of the mask by this invention is the manufacture approach of the mask (34) of the reflective mold for aligners using the extreme ultraviolet radiation (EUV light) of the range whose wavelength is 1-50nm as an exposure beam. The 1st original edition pattern (36) which expanded the pattern formed in the mask is created. The 1st process which draws on the 1st substrate which makes the ultraviolet radiation whose wavelength is 100-400nm about this 1st original edition pattern penetrate, and manufactures a parent mask (P1, P2, --, PN), The 2nd process which carries out the laminating of the reflecting layer (31) which reflects the extreme ultraviolet radiation, and the absorption layer (32) which absorbs the extreme ultraviolet radiation, and forms it on the 2nd predetermined substrate (4), The projection aligner which performs contraction projection by using as an exposure beam ultraviolet radiation whose wavelength is

100-400nm is used. Projection exposure of the contraction image of the pattern of the parent mask (P1, P2, --, PN) manufactured at the 1st process is carried out on the 2nd substrate (4) manufactured at the 2nd process. It has the 3rd process which removes a part of the absorption layer (32), and the 2nd substrate (4) from which a part of the absorption layer was removed is used as the reflective type of a mask.

[0011] In case according to this this invention an electron beam exposure system is used in case the 1st original edition pattern is drawn on the 1st substrate, and the contraction image of the 1st original edition pattern is projected on the 2nd substrate, the projection aligner which makes exposure light excimer laser light, such as KrF (wavelength of 248nm) or ArF (wavelength of 193nm), and ultraviolet radiation the outside of it, i.e., an optical projection aligner, is used. the 1st original edition pattern is a pattern which expanded the pattern of the mask finally manufactured alpha twice, and since the effect of the drawing error of an electron beam exposure system is reduced by $1/\alpha$, the pattern (pattern for an imprint) of the mask is formed with high precision. And in order for what is necessary to be just to imprint the 1st original edition pattern with the optical projection aligner in manufacturing the two or more masks, the time amount which manufacture of the mask takes is shortened sharply.

[0012] Moreover, the reflecting layer (31) of the reflective type of mask is formed by carrying out the laminating of the thin film of two kinds of matter more than the number of predetermined groups by turns, and the absorption layer (32) is formed from the thin film of one kind of matter. Then, the pattern of the mask of a reflective mold is formed with high precision by removing a part of absorption layer (32) on a reflecting layer (31). Moreover, since the usual semi-conductor aligner can be used for the optical projection aligner almost as it is by using the substrate of the reflective type of mask as substrates, such as for example, a semi-conductor wafer, a manufacturing cost can be reduced.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of the gestalt of operation of this invention. Drawing 1 shows the production process of the reticle as a mask of this example, and the reticle made applicable to manufacture by this example in this drawing 1 is the working reticle 34 of the reflective mold used in case a semiconductor device is manufactured. this working reticle 34 consists of wafers (wafer), such as a silicon wafer, -- substantially, the reflective film and an absorption layer are used for the whole surface of a thin circular substrate, and the original edition pattern 27 is formed. Moreover, two alignment marks 24A and 24B are formed so that the original edition pattern 27 may be inserted. In addition, as an

ingredient of the substrate, low thermal expansion glass, a quartz, a metal, etc. can be used.

[0014] furthermore, the working reticle 34 is used through the projection optics of the projection aligner which made exposure light extreme ultraviolet radiation (EUV light) of an about 1-50nm soft-X-ray region by contraction projection of $1/\beta$ twice (β is a larger integer than 1 or a half-integer, and is 4, 5, or 6 grades as an example). that is, in drawing 1, after exposing to each shot field 48 on the wafer W with which contraction image 27W $1/\beta$ as many as the original edition pattern 27 of the working reticle 34 were applied to the resist, the predetermined circuit pattern 35 is formed in each of that shot field 48 by performing development, etching, etc. Hereafter, it explains per example of the production process of the working reticle 34 of this example.

[0015] In drawing 1, the circuit pattern 35 of a certain layer of the semiconductor device finally manufactured first is designed. The circuit pattern 35 forms Rhine [of the versatility / width of face / of the side which intersects perpendicularly / in the field of the rectangle of dX and dY], - tooth-space pattern, etc. in this example, the original edition pattern 27 with which the circuit pattern 35 is expanded β twice, and the width of face of the side which intersects perpendicularly consists of a field of the rectangle of $\beta \cdot dX$ and $\beta \cdot dY$ is created on the design data (image data is included) of a computer. β twice are the inverse number of the contraction scale factor ($1/\beta$) of the projection aligner with which the working reticle 34 is used.

[0016] It carries out. next, the original edition pattern 27 -- α twice (α is a larger integer than 1 or a half-integer, and is 4, 5, or 6 grades as an example) -- Create the parent pattern 36 with which the width of face of the side which intersects perpendicularly consists of a field of the rectangle of $\alpha \cdot \beta \cdot dX$ and $\alpha \cdot \beta \cdot dY$ on a design data (image data is included), and the parent pattern 36 is divided into α individual in all directions, respectively. The parent patterns P1, P2, P3, --, PN ($N=\alpha$) of an α individual are created on a design data. The case of $\alpha=4$ is shown by drawing 1. In addition, the need of making the scale factor α from the original edition pattern 27 to the parent pattern 36 not necessarily agreeing does not have the number of partitions α of this parent pattern 36. Then, from those parent patterns P_i ($i=1 \sim N$), the drawing data for electron beam exposure systems (or laser beam drawing equipment etc. can be used) are generated, respectively, and the parent pattern P_i is imprinted on the master reticle R_i as a parent mask by actual size, respectively.

[0017] for example, in case the master reticle R1 of the 1st sheet is manufactured On the substrate (it corresponds to the 1st substrate of this invention) of light transmission

nature, such as quartz glass, quartz glass which mixed the fluorine, or fluorite, chromium (Cr), or silicification -- after forming the thin film of mask ingredients, such as molybdenum (MoSi₂ etc.), and applying an electron beam resist on this, the actual size image of the 1st parent pattern P1 is drawn on that electron beam resist using an electron beam exposure system. Then, after developing an electron beam resist, the parent pattern P1 is formed in the pattern space 20 on the master reticle R1 by performing etching, resist exfoliation, etc. In this case, on the master reticle R1, the alignment marks 21A and 21B which consist of two two-dimensional marks by position relation to the parent pattern P1 are formed. Similarly, an electron beam exposure system etc. is used for other master reticles Ri, and the parent pattern Pi and the alignment marks 21A and 21B are formed in them, respectively. It is used for the alignment at the time of these alignment marks 21A and 21B performing a screen splice behind.

[0018] thus, the case where the amount of each drawing data carries out direct writing of the original edition pattern 27 in this example since each parent pattern Pi which draws with an electron beam exposure system (or laser beam drawing equipment) is a pattern which expanded the original edition pattern 27 α times -- comparing -- $1/\alpha^2$ It is decreasing to extent. since [furthermore,] it is twice [α] (for example, 5 times or 4 times) the minimum line width of the parent pattern Pi of this compared with the minimum line width of the original edition pattern 27 -- the electron beam resist of the former [pattern / Pi / each / parent] respectively -- using -- an electron beam exposure system -- a short time -- and it can draw with high precision. Moreover, since each parent pattern Pi is behind reduced and projected on $1/\alpha$, the drawing error of an electron beam exposure system is also substantially reduced to $1/\alpha$. Moreover, since the working reticle 34 of required number of sheets can be manufactured by repeating and using them like the after-mentioned once it manufactures the master reticles R1-RN of N sheets, the time amount for manufacturing the master reticles R1-RN is not a big burden.

[0019] next, the working reticle 34 is manufactured by imprinting the twice [$1/\alpha$] as many contraction image P_{Li} (i= 1 - N) as the parent pattern Pi of the above-mentioned master reticle Ri of N sheets, performing a screen splice, respectively. Therefore, as first shown in drawing 2 (A), as a substrate for working reticle 34, a diameter prepares the substrate 4 (it corresponds to the 2nd substrate of this invention) of the silicon wafer whose thickness is about 1mm by about 300mm, and carries out the laminating of the multilayer reflective film 31 on a substrate 4. As shown in drawing 2 (B) which expanded the B section of drawing 2 (A), the reflective film 31 is a pitch d_2 (=

2, d1), and carries out the 50-set laminating of thin film 31a of the molybdenum (Mo) of thickness d1, and the thin film 31b of the silicon (Si) of thickness d1. Thickness d1 is 3.25nm as an example, and the thickness of 6.5nm and the whole reflective film 31 is set to about 325nm (0.325 micrometers) by the pitch d2 at this time. Thus, since the reflective film 31 which carried out the laminating of thin film 31a of molybdenum and the thin film 31b of silicon reflects extreme ultraviolet radiation (EUV light) with a wavelength of 13nm, the wavelength of the EUV light for working reticle 34 of this example is 13nm. In addition, what is necessary is to carry out the laminating of the thin film of molybdenum, and the thin film of beryllium (Be) by turns, and just to form the reflective film 31, when wavelength uses the EUV light which is 11nm.

[0020] Next, as shown in drawing 2 (C), the absorption layer 32 which consists of nickel (nickel) for absorbing EUV light is formed by about 1 micrometer in thickness on the reflective film 31 on a substrate 4. In this case, an alignment mark may be formed if needed. Furthermore, the photoresist layer 33 exposed on the absorption layer 32 at light with a wavelength of 248nm is applied to the thickness of about 1 micrometer. In addition, other metals etc. may be used as an ingredient of the absorption layer 32. Then, as shown in drawing 2 (D), exposure of the pattern image of a master reticle is performed to the photoresist layer 33 on the substrate 4, performing a screen splice using the exposure light IL.

[0021] Drawing 3 shows the optical contraction projection mold aligner used in case it exposes to that substrate 4, and the exposure light IL is irradiated in this drawing 3 by the reticle on a reticle stage 2 from the illumination-light study system 1 which consists of a fly eye lens, an illumination system aperture diaphragm, a reticle blind (adjustable field diaphragm), a condensing lens system, etc. for the exposure light source and illuminance distribution equalization at the time of exposure. On the reticle stage 2 of this example, the i-th master reticle ($i = 1 \cdot N$) R_i is laid. In addition, as an exposure light, although KrF excimer laser light (wavelength of 248nm) is used in this example, it is ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), and F2 in addition to it. Wavelength can use the ultraviolet radiation which is about 100-400nm like a laser beam (wavelength of 157nm), the higher harmonic of solid state laser, or i line (wavelength of 365nm) of a mercury lamp.

[0022] The image of the pattern in the lighting field of the master reticle R_i is projected on the photoresist layer of the front face of a substrate 4 through projection optics 3 for $1/(1/\alpha)$ is $1/4$ at this example) of contraction scale factors α . The numerical aperture of projection optics 3 is about 0.7, and resolution is about 200nm. Although the projection optics 3 of this example is the refractive media of a both-sides tele cent

rucksack, the reflective refractive media which contain a concave mirror etc. in addition to it may be used for it. The Z-axis is taken in parallel with the optical axis AX of projection optics 3 hereafter, in a flat surface perpendicular to the Z-axis, in parallel with the space of drawing 3, at right angles to the space of drawing 3, a Y-axis is taken and the X-axis is explained.

[0023] First, a reticle stage 2 positions the master reticle Ri on this in XY flat surface. The location of a reticle stage 2 is measured by the non-illustrated laser interferometer, and actuation of a reticle stage 2 is controlled by this measurement value and control information from the main control system 9. On the other hand, a substrate 4 is held by electrostatic adsorption on the disc-like substrate holder 22 as an attachment component, this substrate holder 22 is fixed on the sample base 5, and the sample base 5 is being fixed on X-Y stage 6. The sample base 5 doubles the front face of a substrate 4 with the image surface of projection optics 3 by controlling the focal location (location of the optical-axis AX direction) of a substrate 4, and a tilt angle by the automatic focus method. Moreover, X-Y stage 6 positions the sample base 5 (substrate 4) in the direction of X, and the direction of Y with a linear motor system on the base 7.

[0024] this example -- a substrate 4 and the substrate holder 22 -- the sample base 5 -- receiving -- one --like -- for example, electromagnetism -- it is detached and attached by the adsorption method. And a substrate 4 and the substrate holder 22 are detached [also in case the aligner which uses EUV light as a working reticle 34 behind is equipped with a substrate 4] and attached in one to the aligner. It is prevented that a foreign matter mixes between a substrate 4 and the substrate holder 22 in down stream processing of a substrate 4, and the flatness of a substrate 4 gets worse by this. Furthermore, the front face of the substrate holder 22 is finished so that it may become the flatness of about 0.1-0.3 micrometers or less on 100mm square as an example. A substrate 4 is in the condition which maintained very high flatness, and is held on the substrate holder 22 by this. In addition, substrate holder 22A of the vacuum adsorption method currently fixed to the sample base 5 may be used instead of the substrate holder 22.

[0025] Moreover, by 8m of migration mirrors fixed to the upper part of the sample base 5, and the laser interferometer 8 countered and arranged, the X coordinate of the sample base 5, Y coordinate, and an angle of rotation are measured, and this measurement value is supplied to the stage control system 10 and the main control system 9. 8m of migration mirrors represents migration mirror 8mX of the X-axis, and migration mirror 8mY of a Y-axis, as shown in drawing 4. A stage control system 10 controls actuation of the linear motor of X-Y stage 6 etc. based on the measurement value and the control

information from the main control system 9.

[0026] Moreover, in this example, the ledged reticle library 16 is arranged in the side of a reticle stage 2, and the master reticles R1, R2, ..., RN are laid on the support plate 17 of N individual by which the sequential array was carried out into the reticle library 16 at the Z direction. These master reticles R1-RN are reticles (parent mask) in which the parent patterns P1-PN which divided the parent pattern 36 of drawing 1, respectively were formed. The reticle library 16 is supported free [migration to a Z direction] by slide equipment 18, and the reticle loader 19 equipped with the arm which can rotate freely between a reticle stage 2 and the reticle library 16, and can move to it in the predetermined range at a Z direction is arranged. After the main control system 9 adjusts the location of the Z direction of the reticle library 16 through slide equipment 18, actuation of a reticle loader 19 is controlled, and it is constituted so that the desired master reticles R1-RN can be delivered between the support plate 17 of the request in the reticle library 16, and a reticle stage 2.

[0027] Moreover, the stores 11, such as a magnetic disk drive, are connected to the main control system 9, and the exposure data file is stored in the store 11. The mutual physical relationship of the master reticles R1-RN, the data of alignment information, etc. are recorded on the exposure data file. After exposure of the contraction image of the 1st master reticle R1 to the 1st shot field on a substrate 4 is completed at the time of the exposure to the substrate 4 of this example, the next shot field on a substrate 4 moves to the exposure field of projection optics 3 by step migration of X-Y stage 6. In parallel to this, the master reticle R1 on a reticle stage 2 is returned to the reticle library 16 through a reticle loader 19, and the master reticle R2 for [of a degree] an imprint is laid on a reticle stage 2 through a reticle loader 19 from the reticle library 16. And after alignment is performed, projection exposure of the contraction image of the master reticle R2 is carried out to the shot field concerned on a substrate 4 through projection optics 3, and exposure of the contraction image of the master reticles R2-RN which carries out sequential correspondence to the remaining shot fields on a substrate 4 by the step-and-repeat method below is performed.

[0028] In addition, although the projection aligner of drawing 2 is an one-shot exposure mold instead, the contraction projection mold aligner (scanning aligner) of a scan exposure mold like step - and - scanning method may be used. In a scan exposure mold, the synchronous scan of a master reticle and the substrate 4 is carried out by the contraction scale-factor ratio to projection optics 3 at the time of exposure. By using an optical scanning aligner, the effect of the distortion of projection optics etc. is mitigable.

[0029] Now, in case the contraction image of the master reticles R1-RN is exposed on a

substrate 4 in this way, it is necessary to perform the screen splice between adjoining contraction images (connecting) with high precision. For that, it is necessary to perform alignment of each master reticle R_i ($i = 1 \sim N$) and the shot field (referred to as S_i) where it corresponds on a substrate 4 with high precision. The projection aligner of this example is equipped with the reticle and the alignment device for substrates for this alignment.

[0030] Drawing 4 is the perspective view showing the important section of the projection aligner of drawing 3, in this drawing 4, the reference mark member 12 of light transmission nature is fixed near the substrate 4 on the sample base 5, and one pair of reference marks 13A and 13B of a cross-joint mold are formed at intervals of predetermined in the direction of X on the reference mark member 12. Moreover, the illumination system which illuminates reference marks 13A and 13B is installed in the projection optics 3 side by the pars basilaris ossis occipitalis of reference marks 13A and 13B by the illumination light which branched from the exposure light IL. At the time of the alignment of the master reticle R_i , by driving X-Y stage 6 of drawing 3, reference marks 13A and 13B are positioned so that the core of the reference marks 13A and 13B on the reference mark member 12 may agree in the optical axis AX of projection optics 13 mostly.

[0031] Moreover, two alignment marks 21A and 21B of a cross-joint mold are formed as an example so that the pattern space 20 of the pattern side (inferior surface of tongue) of the master reticle R_i may be inserted in the direction of X. It is in the condition of spacing of reference marks 13A and 13B being set up almost equally to spacing of the contraction image by the projection optics 3 of the alignment marks 21A and 21B, and having made the core of reference marks 13A and 13B agreeing in an optical axis AX mostly. By illuminating by the illumination light of the same wavelength as the exposure light IL from the base side of the reference mark member 12, the expansion image by the projection optics 3 of reference marks 13A and 13B is formed near the alignment marks 21A and 21B, respectively.

[0032] The mirror for reflecting the illumination light from a projection optics 3 side in the **X direction above these alignment marks 21A and 21B is arranged, and it has the alignment sensors 14A and 14B of an image pick-up method by the TTR (through THE reticle) method so that the illumination light reflected by these mirrors may be received. By the alignment sensors 14A and 14B, the image of the alignment marks 21A and 21B and the corresponding reference marks 13A and 13B is picturized, and the image pick-up signal is supplied to the alignment signal-processing system 15 of drawing 3.

[0033] The alignment signal-processing system 15 carries out the image processing of

the image pick-up signal, calculates the amount of location gaps to the direction of X of the alignment marks 21A and 21B to the image of reference marks 13A and 13B, and the direction of Y, and supplies these 2 sets of amounts of location gaps to the main control system 9. The main control system 37 positions a reticle stage 2 so that 2 sets of the amounts of location gaps may fall within a predetermined range mutually symmetrically and, respectively. The parent pattern P_i (refer to drawing 1) of the alignment marks 21A and 21B, as a result the master reticle R_i is positioned to reference marks 13A and 13B by this.

[0034] In this condition, the main control system 9 of drawing 2 is memorizing the coordinate of the direction of X of the sample base 5 measured by the laser interferometer 8, and the direction of Y, and the alignment of the master reticle R_i ends it. After this, focusing on exposure of the parent pattern P_i , the point of the arbitration on the sample base 5 (substrate 4) is movable. Moreover, in drawing 4, in order to perform location detection of the mark on a substrate 4, by the off-axis method, the side face of projection optics PL is equipped also with the alignment sensor (un-illustrating) of an image-processing method, and two alignment marks 24A and 24B of a cross-joint mold are formed in it at the edge of the direction of X on a substrate 4. And before exposing the master reticle R_1 of the 1st sheet, for example, that alignment sensor detects the location of the alignment marks 24A and 24B, and the exposure core of the master reticle R_i can be doubled with the location of the request on a substrate 4 by searching for the physical relationship of the substrate 4 to reference marks 13A and 13B based on this detection result. In addition, without using the alignment marks 24A and 24B to a substrate 4, since it is [that much more exposure is only performed and], alignment of the initial state of a substrate 4 is performed, for example on the appearance criteria of a substrate 4, and it is good to even position a substrate 4 based on the measurement value of a laser interferometer 8 after that.

[0035] Thus, by performing alignment, as shown in drawing 4, the contraction image P_{Li} by the projection optics 3 of the parent pattern P_i of the i -th master reticle R_i is exposed by the i -th shot field S_i in the pattern space 25 of the rectangle surrounded in the side parallel to the X-axis and the Y-axis on a substrate 4. In drawing 4, the contraction image of the parent pattern already exposed within the pattern space 25 of a substrate 4 is shown by the continuous line, and the unexposed contraction image is shown by the dotted line. Thus, it means that the contraction image of each parent patterns P_1 - P_N was exposed by exposing the contraction image of the parent patterns P_1 - P_N of the master reticles R_1 - R_N of N individual of drawing 1 to the shot fields S_1 - S_N to which it corresponds on a substrate 4 one by one, performing the contraction

image and screen splice of a parent pattern which adjoin, respectively. the projection image which reduced the parent pattern 36 of drawing 1 by $1 / \alpha$ twice on the substrate 4 is exposed by this.

[0036] Then, as shown in drawing 2 (E), when the photoresist layer 33 on a substrate 4 is developed and the photoresist is a positive type, the umbra of a projection image is left behind as resist pattern 33a. Next, as shown in drawing 2 (F), after etching the absorption layer 32 by using the resist pattern 33a as a mask, as shown in drawing 2 (G), by exfoliating resist pattern 33a which remains, absorption layer 32a is left behind to the field corresponding to the umbra of the contraction image of a parent mask on the reflective film 31 on a substrate 4, and the working reticle 34 of this example is completed.

[0037] in addition, in case the parent pattern of the master reticle Ri is connected on a substrate 4 as mentioned above and a contraction imprint is carried out The contraction imprint also of the predetermined mark on each master reticle Ri (for example, alignment marks 21A and 21B) is carried out. In case the contraction image of the parent pattern of an adjoining master reticle is imprinted, the location of the latent image of that mark is detected, and it may be made to amend the imprint location of the contraction image of the parent pattern of that adjoining master reticle from this detection result.

[0038] Moreover, when for example, the high density pattern and the isolated pattern are formed in the original edition pattern 27 of drawing 1 , only a high density pattern may be formed in the master reticle Ra of one sheet in the master reticle R1 - RN, and only an isolated pattern may be formed in another master reticle Rb of one sheet. Since exposure conditions, such as best lighting conditions, image formation conditions, etc., differ by the high density pattern and the isolated pattern at this time, you may make it optimize exposure conditions, i.e., the configuration of the aperture diaphragm in the illumination-light study system 1 and magnitude, a coherence factor (sigma value), the numerical aperture of projection optics 3, etc. according to that parent pattern Pi for every exposure of the master reticle Ri. Moreover, it may especially insert [light filter / (the so-called pupil filter) / predetermined] near the pupil surface of projection optics 3, or in order to optimize the exposure condition, in case an isolated pattern is exposed, the so-called progressive focal method (FREX law) which vibrates relatively [Z direction] the image surface of projection optics 3 and the front face of a substrate 4 by predetermined within the limits may be used together.

[0039] In addition, in the gestalt of the above-mentioned operation, it was not fixed to 16 sheets and the number of sheets of the master reticles P1-PN of drawing 1 is fluctuated

with the magnitude of the original edition pattern formed in the working reticle 34 of the reflective mold which it is going to manufacture etc. Moreover, if the original edition pattern is a regular pattern like DRAM, two or more reticles predetermined [of the master reticles P1-PN] can be made to serve a double purpose by the reticle of one sheet. In this case, since the number of sheets of the master reticle which draws with an electron beam exposure system becomes fewer, the time amount which production of a master reticle takes can be shortened.

[0040] Moreover, with the gestalt of the above-mentioned operation, although the silicon wafer is used as a substrate 4 of the working reticle 34, by this, the projection aligner for semi-conductor manufacture shown in drawing 3 can be used almost as it is, and the pattern image of a master reticle can be exposed. Furthermore, since the processors for the conventional silicon wafers (a thin film deposition system, resist coater, a resist developer, etching system, etc.) can use it as it is also as process processors, such as etching, it is not necessary to newly prepare a manufacturing facility, and the manufacturing cost of the working reticle 34 of a reflective mold can be made low. furthermore, the reticle same only by the rest repeating the exposure using an optical projection aligner once it produces the master reticles P1-PN of N sheets of drawing 1 as the working reticle 34 -- required number of sheets -- a short time -- and since it can manufacture in the same precision, while being able to shorten the time amount which manufacture takes as a whole, the whole manufacturing cost can be reduced.

[0041] Next, it explains per example of actuation in the case of exposing using the working reticle 34 of the reflective mold of drawing 1 manufactured as mentioned above. Drawing 5 shows the aligner (henceforth "the aligner for EUVL") of step - and - scanning method (scan exposure mold) with the contraction projection mold which equips with that working reticle 34 and is exposed by using EUV light as an exposure beam, takes the Z-axis in the direction of a vertical in this drawing 5 by taking a Y-axis for the X-axis in parallel with the space of drawing 5 at right angles to the space of drawing 5 in a horizontal plane, and explains. at this time, a reticle stage 41 installs free [migration in the direction of Y] on the reticle base 42 -- having -- the base of a reticle stage 41 -- the substrate holder 22 -- electromagnetism -- it is held by adsorption etc. and the working reticle 34 is held by electrostatic adsorption on the top face (vertical lower part) of the substrate holder 22. The working reticle 34 and the substrate holder 22 are conveyed in one from the projection aligner of drawing 3 .

[0042] And it is reflected by the mirror 51 within projection optics 46, and soft-X-ray IL1 with a wavelength [as an exposure beam] of 13nm injected, for example from the X line sources 43, such as a SOR (Synchrotron Orbital Radiation) ring or the laser plasma

light source, illuminates aslant the lighting field of the shape of radii of the pattern space of the working reticle 34 to the direction of a normal. And soft-X-ray IL1 reflected by the working reticle 34 forms the image which reduced the pattern of that lighting field to $1/\beta$ ($1/\beta$ is $1/4$ at this example) on the wafer (wafer) W for exposure through the 1st concave mirror 52, a convex mirror 53, a plane mirror 54, and the 2nd concave mirror 55 within projection optics 46. Opening is formed in the part which soft-X-ray IL1 passes in concave mirror 52 grade. In order that there may be no suitable penetrable ** material to the EUV light whose wavelength like soft X ray is about 1-50nm, the projection optics 46 of this example consists of reflective systems, and the working reticle 34 of a reflective mold is used also as a reticle.

[0043] Moreover, the numerical aperture of projection optics 46 is 0.08 or more, for example, is set about to 0.1 to 0.2. Since the wavelength of soft-X-ray IL1 is 13nm, the resolution of about 100-50nm can be obtained according to projection optics 46. Moreover, although the minimum line width of the pattern of the working reticle 34 is set to 400-200nm to obtain the resolution (minimum line width) of 100-50nm, for example, if it is this line breadth, the optical projection aligner of drawing 3 can fully attain.

[0044] Moreover, Wafer W is held on the wafer stage 49 through a non-illustrated wafer holder, and the wafer stage 49 performs step migration of Wafer W in the direction of X, and the direction of Y while carrying out continuation migration of the wafer W in the direction of Y on a surface plate 50. Furthermore, the wafer stage 49 also performs control of the focal location of Wafer W, or a tilt angle so that the front face of Wafer W may be doubled with the image surface of projection optics 46 by the automatic focus method. The location of a reticle stage 41 and the wafer stage 49 is measured by the laser interferometer in the reticle stage drive system 44 and the wafer stage drive system 47, respectively, and the main control system 45 carries out the synchronous drive of a reticle stage 41 and the wafer stage 49 through the reticle stage drive system 44 and the wafer stage drive system 47 based on these measurement values.

[0045] Namely, after carrying out step migration of the one shot field on Wafer W in a run-up starting position at the time of exposure, It synchronizes with scanning the working reticle 34 at a rate VR in the direction (or the direction of -Y) of +Y to the lighting field of soft-X-ray IL1 through a reticle stage 41. The contraction image of the working reticle 34 is exposed by the shot field concerned by scanning Wafer W by rate VR/ β in the direction (or the direction of +Y) of -Y through the wafer stage 49.

[0046] In this case, although the optical axis AX1 of the projection optics 46 of this example is parallel to the direction of a vertical (Z direction) and projection optics 46 is a

tele cent rucksack at Wafer W side, tele cent rucksack nature has collapsed in the reticle side. Therefore, when irregularity has arisen on the front face of the working reticle 34 or the front face may hang down to a Z direction, a possibility that distortion etc. may arise is in the contraction image on Wafer W. However, in this example, the working reticle 34 is conveyed in one with the substrate holder 22, and while there is no possibility that a foreign matter etc. may be inserted into the rear face of the working reticle 34, since the working reticle 34 is adsorbed mostly on the whole surface, the pattern side of the working reticle 34 is maintaining very high flatness (it is about 0.1-0.3 micrometers or less at 100mm angle). Therefore, the contraction image of the pattern of the working reticle 34 is always imprinted with high precision on Wafer W.

[0047] In addition, of course, configurations various in the range which this invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0048]

[Effect of the Invention] According to the manufacture approach of the mask of this invention, on the 2nd substrate, since the drawing error of the 1st original edition pattern can manufacture even any number of masks same only by imprinting the pattern of a parent mask on the 2nd substrate with an optical projection aligner while being reduced, it has the advantage which can form the mask in a short time with high precision.

[0049] Moreover, since the mask has the reflecting layer which reflects extreme ultraviolet radiation, in the aligner which uses extreme ultraviolet radiation as an exposure beam, the mask can be used for it as a mask of a reflective mold. Moreover, since the optical projection aligner for example, for semi-conductor manufacture can be used as it is when the substrate is a circular substrate like a semi-conductor wafer, there is an advantage which can reduce the manufacturing cost of the reflective type of mask.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] In an example of the gestalt of operation of this invention, it is drawing showing the production process for [whole] exposing the contraction image of a master

reticle and manufacturing a working reticle.

[Drawing 2] It is the enlarged drawing which cut and lacked the part which shows each production process for applying a photoresist to the substrate for the working reticles, and forming an original edition pattern.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the optical projection aligner used in case contraction projection of a master reticle is performed with an example of the gestalt of the operation.

[Drawing 4] In the projection aligner of drawing 3 , it is the perspective view of an important section showing the condition of projecting the contraction image of the parent pattern on a master reticle on a substrate 4.

[Drawing 5] It is the block diagram which expressed the part which shows an example of the aligner which equips with the working reticle manufactured with the gestalt of the operation, and is exposed, using EUV light as an exposure beam in the cross section.

[Description of Notations]

R1 · RN -- master reticle (parent mask), and P1 · PN -- the divided parent pattern and 3 -- the substrate for projection optics and 4 -- working reticles, 5 -- sample base, and 6 -- an X-Y stage, 16 -- reticle library, 18 -- slide equipment, and 19 -- a reticle loader, 22 -- substrate holder, 27 -- original edition patterns, and 31 -- the reflective film, 32 -- absorption layer, 33 -- photoresist layer, and 34 -- a working reticle, a 43 -- X line source, and 46 -- projection optics

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-29202
(P2000-29202A)

(43)公開日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	B 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-200279

(22)出願日 平成10年7月15日(1998.7.15)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 太田 和哉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(74)代理人 100098165

弁理士 大森 聡

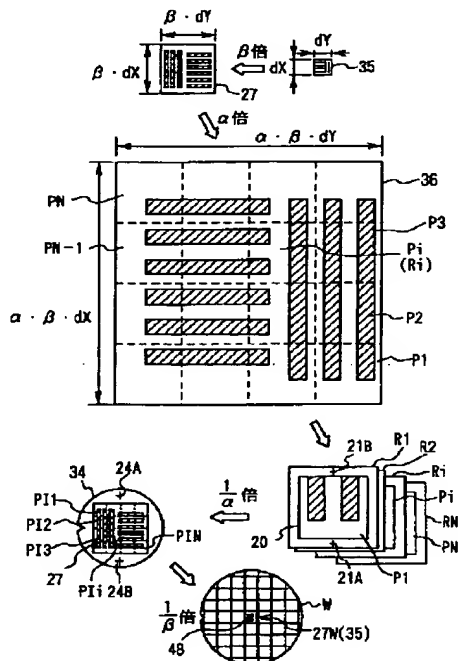
Fターム(参考) 2H095 BA01 BA07 BA10 BB29 BB31

(54)【発明の名称】 マスクの製造方法

(57)【要約】

【課題】 反射型のマスクを高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供する。

【解決手段】 回路パターン35を β 倍して原版パターン27をデータ上で形成し、原版パターン27を α 倍してデータ上で親パターン36を形成し、親パターン36を縦横に α 個に分割して親パターンP1~PNをデータ上で形成する。親パターンP1~PNをそれぞれ電子ビーム描画装置等を用いて等倍で基板上に描画して、マスターレチクルR1~RNを製造し、縮小倍率が $1/\alpha$ 倍の光学式の縮小投影型露光装置を用いて、マスターレチクルR1~RNの親パターンの縮小像を画面継ぎを行いながらシリコンウエハ上に転写することによって反射型のワーキングレチクル34を製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長が 1～50 nm の範囲の極端紫外光を露光ビームとして用いる露光装置用の反射型のマスクの製造方法であって、

前記マスクに形成されるパターンを拡大した第 1 の原版パターンを作成し、該第 1 の原版パターンを波長が 100～400 nm の紫外光を透過させる第 1 の基板上に描画して親マスクを製造する第 1 工程と、

所定の第 2 の基板上に前記極端紫外光を反射する反射層と前記極端紫外光を吸収する吸収層とを積層して形成する第 2 工程と、

波長が 100～400 nm の紫外光を露光ビームとして縮小投影を行う投影露光装置を用いて、前記第 1 工程で製造された前記親マスクのパターンの縮小像を前記第 2 工程で製造された前記第 2 の基板上に投影露光して、前記吸収層の一部を除去する第 3 工程と、を有し、前記吸収層の一部が除去された前記第 2 の基板を前記反射型のマスクとして使用することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 2】 前記第 2 の基板は、実質的に円形の基板であることを特徴とする請求項 1 記載のマスクの製造方法。

【請求項 3】 前記第 3 工程で使用する投影露光装置において、前記第 2 の基板が吸着保持される保持部材と、該第 2 の基板とを一体的に移動することを特徴とする請求項 1、又は 2 記載のマスクの製造方法。

【請求項 4】 前記第 3 工程で使用する投影露光装置において、前記第 2 の基板の表面が 100 mm 角で実質的に 0.1～0.3 μm の平面度を維持するように該基板を保持することを特徴とする請求項 1、2、又は 3 記載のマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体集積回路、撮像素子（CCD 等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ技術を用いて製造する際に原版パターンとして使用されるマスクの製造方法に関し、特に軟 X 線等の極端紫外光（EUV 光）を露光ビームとして使用する露光装置用のマスクを製造する際に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路等のデバイスを製造する際に、形成すべき回路パターンを例えば 4～5 倍程度に拡大した原版パターンが形成されたフォトマスクを使用して、このフォトマスクのパターンを縮小投影光学系を介してウエハ、又はガラスプレート等の被露光基板上に縮小投影する転写方式が用いられている。このようなフォトマスクのパターンの転写の際に使用されるのが露光装置であり、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置で使用するフォトマスクは、レチクルと

も呼ばれている。

【0003】 従来、そのようなレチクルは、所定の基板（ blanks ）上に電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置を用いて原版パターンを描画することによって製造されていた。即ち、その基板上にマスク材料（遮光膜）を形成してレジストを塗布した後、電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置を用いてその原版パターンが描画される。その後、そのレジストの現像を行って、エッチング処理等を行うことで、そのマスク材料によってその原版パターンが形成されていた。この場合、そのレチクルを使用する縮小投影型の露光装置の縮小倍率を $1/\beta$ 倍とすると、そのレチクルに描画される原版パターンは、デバイスのパターンを β 倍に拡大したパターンでよいため、描画装置による描画誤差は、デバイス上ではほぼ $1/\beta$ 倍に縮小される。従って、実質的に描画装置による解像力のほぼ $1/\beta$ 倍の解像力でデバイスのパターンを形成できることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如く従来は、レチクルの原版パターンは電子ビーム描画装置、又はレーザビーム描画装置によって描画されていた。これに関して、リソグラフィ技術の進歩に応じて、露光装置に求められる投影像の最小線幅（解像度）は徐々に細くなっており、2005 年には 100 nm 程度、又はそれ以下の最小線幅のパターンを露光する必要があると予測されている。このようなパターンを露光するための露光方法として、（イ）光学式の縮小投影型露光方法、（ロ）電子線を用いた縮小転写、（ハ）イオンビームを用いた縮小転写、（ニ）X 線を用いたプロキシミティ方式の露光方法、及び（ホ）波長 5～20 nm 程度の軟 X 線よりなる極端紫外光（EUV 光）を露光ビームとして反射型のレチクルの縮小像を投影するリソグラフィ技術（EUV L : Extreme Ultraviolet Lithography）等が検討され、一部は実際に開発が行われている。これらの中で特に有力な露光方法が、（ホ）の EUVL である。

【0005】 また、これらの露光方法は、（ニ）の X 線を用いたプロキシミティ方式の露光方法を除く全てが、縮小倍率を $1/4 \sim 1/10$ 程度とした投影露光方法である点が共通である。そこで、縮小倍率を $1/4$ 倍として、ウエハ上に例えば最小線幅が 100 nm 程度のパターンを露光するためには、対応するレチクル上には最小線幅が 400 nm 程度の原版パターンを形成する必要がある。この際に、必要な線幅の制御精度を最小線幅の $\pm 5\%$ 程度とすると、 ± 20 nm 程度以下の線幅制御精度が要求される。

【0006】 更に、露光装置に求められる重ね合わせ精度（overlay accuracy）は、最小線幅の $1/3$ 程度であるため、最小線幅が 100 nm 程度の露光装置で必要となる重ね合わせ精度は 30 nm 程度以下となる。重ね合わせ精度を決定する要因には、レチクル上の原版パター

ンの位置精度の外に露光装置のステージ系の位置合わせ精度、及び縮小投影系のディストーション等もあるため、レチクルの原版パターン自体で許容される位置精度はせいぜい10nm程度である。

【0007】上記のように、ウエハ上での最小線幅が100nm程度、即ち現在の最小線幅の1/2程度になると、対応するレチクル上の原版パターンの集積度は約4倍になる。このとき、電子ビーム描画装置（レーザービーム描画装置も同様）は、いわば一筆書き方式であり、原版パターンの集積度にほぼ比例して（最小線幅の二乗に反比例して）描画時間が長くなるため、その最小線幅が100nm程度の原版パターンの描画時間は現在の描画時間のほぼ4倍に増加する。しかしながら、このような長い描画時間（例えば半日～1日）の間に継続して、その描画装置を安定な状態に保つことは困難であり、その描画時間中に原版パターンの許容値を超える位置ずれが生じる恐れがあった。更に、例えば複数の製造ライン用にそのレチクル（ワーキングレチクル）を複数枚製造する場合には、その枚数に比例して製造に要する時間が長くなってしまふ。

【0008】また、EUVL用の反射型のレチクルの基板として、シリコンウエハ自体を使用することが検討されている。しかしながら、従来一般に使用されていた石英は線膨張率が小さいのに対して、シリコンウエハの線膨張率はその約5倍程度と大きいので、電子ビーム描画装置による描画時間が長くなると、その描画時間中のシリコンウエハの熱膨張による原版パターンの位置ずれも無視できなくなってくる。

【0009】更に、電子ビーム描画装置によって上記のように原版パターンの位置精度を10nm程度に抑えることも、現状では必ずしも容易ではない。本発明は斯かる点に鑑み、転写用のパターンを高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、例えば極端紫外光（EUV光）を露光ビームとして使用する露光装置において、反射型のマスクとして使用できるマスクを、高精度に、かつ短時間に形成できるマスクの製造方法を提供することを第2の目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によるマスクの製造方法は、波長が1～50nmの範囲の極端紫外光（EUV光）を露光ビームとして用いる露光装置用の反射型のマスク（34）の製造方法であって、そのマスクに形成されるパターンを拡大した第1の原版パターン（36）を作成し、この第1の原版パターンを波長が100～400nmの紫外光を透過させる第1の基板上に描画して親マスク（P1, P2, ..., PN）を製造する第1工程と、所定の第2の基板（4）上にその極端紫外光を反射する反射層（31）とその極端紫外光を吸収する吸収層（32）とを積層して形成する第2工程と、波長が

100～400nmの紫外光を露光ビームとして縮小投影を行う投影露光装置を用いて、その第1工程で製造されたその親マスク（P1, P2, ..., PN）のパターンの縮小像をその第2工程で製造された第2の基板（4）上に投影露光して、その吸収層（32）の一部を除去する第3工程と、を有し、その吸収層の一部が除去されたその第2の基板（4）をその反射型のマスクとして使用するものである。

【0011】斯かる本発明によれば、その第1の原版パターンをその第1の基板上に描画する際には、例えば電子ビーム描画装置を使用し、その第1の原版パターンの縮小像をその第2の基板上に投影する際には、KrF（波長248nm）、又はArF（波長193nm）等のエキシマレーザ光やその外の紫外光を露光光とする投影露光装置、即ち光学式の投影露光装置を使用する。その第1の原版パターンは、最終的に製造されるマスクのパターンを α 倍に拡大したパターンであり、電子ビーム描画装置の描画誤差の影響は1/ α に低減されるため、そのマスクのパターン（転写用のパターン）が高精度に形成される。しかも、そのマスクを複数枚製造する場合には、その光学式の投影露光装置でその第1の原版パターンの転写を行えばよいので、そのマスクの製造に要する時間は大幅に短縮される。

【0012】また、その反射型のマスクの反射層（31）は、例えば2種類の物質の薄膜を交互に所定組数以上積層させることによって形成され、その吸収層（32）は、例えば1種類の物質の薄膜より形成される。そこで、反射層（31）上の吸収層（32）の一部を除去することによって、反射型のマスクのパターンが高精度に形成される。また、その反射型のマスクの基板を例えば半導体ウエハ等の基板とすることによって、その光学式の投影露光装置は、通常の半導体露光装置をほぼそのまま使用できるため、製造コストを低減することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。図1は、本例のマスクとしてのレチクルの製造工程を示し、この図1において、本例で製造対象とするレチクルは、半導体デバイスを製造する際に使用される反射型のワーキングレチクル34である。このワーキングレチクル34は、シリコンウエハ等のウエハ（wafer）よりなる実質的に円形の薄い基板の一面に、反射膜と吸収層とを用いて原版パターン27を形成したものである。また、その原版パターン27を挟むように2つのアライメントマーク24A, 24Bが形成されている。なお、その基板の材料としては、低膨張ガラス、石英、金属等も使用することができる。

【0014】更に、ワーキングレチクル34は、1～50nm程度の軟X線域の極端紫外光（EUV光）を露光

光とした投影露光装置の投影光学系を介して、 $1/\beta$ 倍 (β は1より大きい整数、又は半整数等であり、一例として4, 5, 又は6等)の縮小投影で使用される。即ち、図1において、ワーキングレチクル34の原版パターン27の $1/\beta$ 倍の縮小像27Wを、レジストが塗布されたウエハW上の各ショット領域48に露光した後、現像やエッチング等を行うことによって、その各ショット領域48に所定の回路パターン35が形成される。以下、本例のワーキングレチクル34の製造工程の一例につき説明する。

【0015】図1において、まず最終的に製造される半導体デバイスの或るレイヤの回路パターン35が設計される。回路パターン35は直交する辺の幅が dX , dY の矩形の領域内に種々のライン・アンド・スペースパターン等を形成したものである。本例では、その回路パターン35を β 倍に拡大して、直交する辺の幅が $\beta \cdot dX$, $\beta \cdot dY$ の矩形の領域よりなる原版パターン27をコンピュータの設計データ (画像データを含む) 上で作成する。 β 倍は、ワーキングレチクル34が使用される投影露光装置の縮小倍率 ($1/\beta$) の逆数である。

【0016】次に、その原版パターン27を α 倍 (α は1より大きい整数、又は半整数等であり、一例として4, 5, 又は6等) して、直交する辺の幅が $\alpha \cdot \beta \cdot dX$, $\alpha \cdot \beta \cdot dY$ の矩形の領域よりなる親パターン36を設計データ (画像データを含む) 上で作成し、その親パターン36を縦横にそれぞれ α 個に分割して、 $\alpha \times \alpha$ 個の親パターンP1, P2, P3, ..., PN ($N = \alpha^2$) を設計データ上で作成する。図1では、 $\alpha = 4$ の場合が示されている。なお、この親パターン36の分割数 α は、必ずしも原版パターン27から親パターン36への倍率 α に合致させる必要は無い。その後、それらの親パターンPi ($i = 1 \sim N$) よりそれぞれ電子ビーム描画装置 (又はレーザビーム描画装置等も使用できる) 用の描画データを生成し、その親パターンPiをそれぞれ等倍で、親マスクとしてのマスターレチクルR1上に転写する。

【0017】例えば1枚目のマスターレチクルR1を製造する際には、石英ガラス、フッ素を混入した石英ガラス、又は蛍石等の光透過性の基板 (本発明の第1の基板に対応する) 上にクロム (Cr)、又はケイ化モリブデン (MoSi₂等) 等のマスク材料の薄膜を形成し、この上に電子線レジストを塗布した後、電子ビーム描画装置を用いてその電子線レジスト上に1番目の親パターンP1の等倍像を描画する。その後、電子線レジストの現像を行ってから、エッチング、及びレジスト剥離等を施すことによって、マスターレチクルR1上のパターン領域20に親パターンP1が形成される。この際に、マスターレチクルR1上には、親パターンP1に対して所定の位置関係で2つの2次元マークよりなるアライメントマーク21A, 21Bを形成しておく。同様に他のマ

スターレチクルRiにも、電子ビーム描画装置等を用いてそれぞれ親パターンPi、及びアライメントマーク21A, 21Bが形成される。このアライメントマーク21A, 21Bは、後に画面縫ぎを行う際の位置合わせ用に使われる。

【0018】このように本例では、電子ビーム描画装置 (又はレーザビーム描画装置) で描画する各親パターンPiは、原版パターン27を α 倍に拡大したパターンであるため、各描画データの量は、原版パターン27を直接描画する場合に比べて $1/\alpha^2$ 程度に減少している。更に、親パターンPiの最小線幅は、原版パターン27の最小線幅に比べて α 倍 (例えば5倍、又は4倍等) であるため、各親パターンPiは、それぞれ従来の電子線レジストを用いて電子ビーム描画装置によって短時間に、かつ高精度に描画できる。また、各親パターンPiは、後に $1/\alpha$ に縮小して投影されるため、電子ビーム描画装置の描画誤差も実質的に $1/\alpha$ に縮小される。また、一度N枚のマスターレチクルR1~RNを製造すれば、後述のようにそれらを繰り返し使用することによって、必要な枚数のワーキングレチクル34を製造できるため、マスターレチクルR1~RNを製造するための時間は、大きな負担ではない。

【0019】次に、上記のN枚のマスターレチクルRiの親パターンPiの $1/\alpha$ 倍の縮小像Pi (i = 1 ~ N) を、それぞれ画面縫ぎを行いながら転写することによってワーキングレチクル34を製造する。そのために、まず図2 (A) に示すように、ワーキングレチクル34用の基板として、直径が300mm程度で厚さが1mm程度のシリコンウエハの基板4 (本発明の第2の基板に対応する) を用意し、基板4上に多層の反射膜31を積層させる。図2 (A) のB部を拡大した図2 (B) に示すように、反射膜31は、厚さd1のモリブデン (Mo) の薄膜31aと、厚さd1のシリコン (Si) の薄膜31bとをピッチd2 (= 2 · d1) で、50組積層させたものである。厚さd1は一例として3.25nmであり、このときピッチd2は6.5nm、反射膜31の全体の厚さは約325nm (0.325 μ m) となる。このようにモリブデンの薄膜31aと、シリコンの薄膜31bとを積層した反射膜31は、波長13nmの極端紫外光 (EUV光) を反射するため、本例のワーキングレチクル34用のEUV光の波長は13nmである。なお、波長が11nmのEUV光を使用する場合には、その反射膜31を例えばモリブデンの薄膜とベリリウム (Be) の薄膜とを交互に積層して形成すればよい。

【0020】次に、図2 (C) に示すように、基板4上の反射膜31上にEUV光を吸収するためのニッケル (Ni) よりなる吸収層32を厚さ1 μ m程度で形成する。この際に必要に応じてアライメントマークを形成してもよい。更に、その吸収層32上に波長248nmの

光に感光するフォトレジスト層33を約 $1\mu\text{m}$ の厚さに塗布する。なお、吸収層32の材料としては、他の金属等を用いてもよい。その後、図2(D)に示すように、その基板4上のフォトレジスト層33に対して、露光光ILを用いて画面縊ぎを行いながらマスターレチクルのパターン像の露光が行われる。

【0021】図3は、その基板4に対して露光を行う際に使用される光学式の縮小投影型露光装置を示し、この図3において露光時には、露光光源、照度分布均一化用のフライアイレンズ、照明系開口絞り、レチクルブラインド（可変視野絞り）、及びコンデンサレンズ系等からなる照明光学系1より、露光光ILがレチクルステージ2上のレチクルに照射される。本例のレチクルステージ2上には、 i 番目（ $i=1\sim N$ ）のマスターレチクルR i が載置されている。なお、露光光として、本例ではKrFエキシマレーザ光（波長 248nm ）が使用されるが、それ以外にArFエキシマレーザ光（波長 193nm ）、F $_2$ レーザ光（波長 157nm ）、固体レーザの高調波、又は水銀ランプの*i*線（波長 365nm ）等のように波長が $100\sim 400\text{nm}$ 程度の紫外光を使用できる。

【0022】マスターレチクルR i の照明領域内のパターンの像は、投影光学系3を介して縮小倍率 $1/\alpha$ （ $1/\alpha$ はこの例では $1/4$ ）で基板4の表面のフォトレジスト層に投影される。投影光学系3の開口数は約0.7で、解像度は約 200nm である。本例の投影光学系3は、両側テレセントリックの屈折系であるが、それ以外に凹面鏡等を含む反射屈折系等を使用してもよい。以下、投影光学系3の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図3の紙面に平行にX軸を、図3の紙面に垂直にY軸を取って説明する。

【0023】まず、レチクルステージ2は、この上のマスターレチクルR i をXY平面内で位置決めする。レチクルステージ2の位置は不図示のレーザ干渉計によって計測され、この計測値、及び主制御系9からの制御情報によってレチクルステージ2の動作が制御される。一方、基板4は、保持部材としての円板状の基板ホルダ22上に静電吸着によって保持され、この基板ホルダ22は試料台5上に固定され、試料台5はXYステージ6上に固定されている。試料台5は、オートフォーカス方式で基板4のフォーカス位置（光軸AX方向の位置）、及び傾斜角を制御することによって、基板4の表面を投影光学系3の像面に合わせ込む。また、XYステージ6は、ベース7上で例えばリニアモータ方式でX方向、Y方向に試料台5（基板4）を位置決めする。

【0024】本例では、基板4と基板ホルダ22とは、試料台5に対して一体的に例えば電磁吸着方式で着脱される。そして、基板4が後にワーキングレチクル34としてEUV光を用いる露光装置に装着される際にも、基板4と基板ホルダ22とは、その露光装置に対して一体

的に着脱される。これによって、基板4の処理工程中で基板4と基板ホルダ22との間に異物が混入して、基板4の平面度が悪化することが防止される。更に、基板ホルダ22の表面は、一例として 100mm 角で $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 程度以下の平面度となるように仕上げられている。これによって、基板4は極めて高い平面度を維持した状態で、基板ホルダ22上に保持される。なお、基板ホルダ22の代わりに、試料台5に固定されている真空吸着方式の基板ホルダ22Aを使用してもよい。

【0025】また、試料台5の上部に固定された移動鏡8m、及び対向して配置されたレーザ干渉計8によって試料台5のX座標、Y座標、及び回転角が計測され、この計測値がステージ制御系10、及び主制御系9に供給されている。移動鏡8mは、図4に示すように、X軸の移動鏡8mX、及びY軸の移動鏡8mYを代表している。ステージ制御系10は、その計測値、及び主制御系9からの制御情報に基づいて、XYステージ6のリニアモータ等の動作を制御する。

【0026】また、本例では、レチクルステージ2の側方に棚状のレチクルライブラリ16が配置され、レチクルライブラリ16内にZ方向に順次配列されたN個の支持板17上にマスターレチクルR1、R2、…、RNが載置されている。これらのマスターレチクルR1～RNは、それぞれ図1の親パターン36を分割した親パターンP1～PNが形成されたレチクル（親マスク）である。レチクルライブラリ16は、スライド装置18によってZ方向に移動自在に支持されており、レチクルステージ2とレチクルライブラリ16との間に、回転自在でZ方向に所定範囲で移動できるアームを備えたレチクルロード19が配置されている。主制御系9がスライド装置18を介してレチクルライブラリ16のZ方向の位置を調整した後、レチクルロード19の動作を制御して、レチクルライブラリ16中の所望の支持板17とレチクルステージ2との間で、所望のマスターレチクルR1～RNを受け渡すように構成されている。

【0027】また、主制御系9には、磁気ディスク装置等の記憶装置11が接続され、記憶装置11に露光データファイルが格納されている。露光データファイルには、マスターレチクルR1～RNの相互の位置関係やアライメント情報のデータ等が記録されている。本例の基板4に対する露光時には、基板4上の1番目のショット領域への1番目のマスターレチクルR1の縮小像の露光が終了すると、XYステージ6のステップ移動によって基板4上の次のショット領域が投影光学系3の露光領域に移動する。これと並行して、レチクルステージ2上のマスターレチクルR1がレチクルロード19を介してレチクルライブラリ16に戻され、次の転写対象のマスターレチクルR2がレチクルライブラリ16からレチクルロード19を介してレチクルステージ2上に載置される。そして、アライメントが行われた後、そのマスター

レチクルR2の縮小像が投影光学系3を介して基板4上の当該ショット領域に投影露光され、以下ステップ・アンド・リピート方式で基板4上の残りのショット領域に、順次対応するマスターレチクルR2～RNの縮小像の露光が行われる。

【0028】なお、図2の投影露光装置は一括露光型であるが、その代わりにステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の縮小投影型露光装置（走査型露光装置）を使用してもよい。走査露光型では、露光時にマスターレチクルと基板4とが投影光学系3に対して縮小倍率比で同期走査される。光学式の走査型露光装置を用いることによって、投影光学系のディストーション等の影響が軽減できる。

【0029】さて、このようにマスターレチクルR1～RNの縮小像を基板4上に露光する際には、隣接する縮小像間の画面継ぎ（つなぎ合わせ）を高精度に行う必要がある。このためには、各マスターレチクルRi（i=1～N）と、基板4上の対応するショット領域（Siとする）とのアライメントを高精度に行う必要がある。このアライメントのために、本例の投影露光装置にはレチクル及び基板用のアライメント機構が備えられている。

【0030】図4は、図3の投影露光装置の要部を示す斜視図であり、この図4において、試料台5上で基板4の近傍に光透過性の基準マーク部材12が固定され、基準マーク部材12上にX方向に所定間隔で例えば十字型の1対の基準マーク13A、13Bが形成されている。また、基準マーク13A、13Bの底部には、露光光ILから分岐された照明光で投影光学系3側に基準マーク13A、13Bを照明する照明系が設置されている。マスターレチクルRiのアライメント時には、図3のXYステージ6を駆動することによって、基準マーク部材12上の基準マーク13A、13Bの中心がほぼ投影光学系13の光軸AXに合致するように、基準マーク13A、13Bが位置決めされる。

【0031】また、マスターレチクルRiのパターン面（下面）のパターン領域20をX方向に挟むように、一例として十字型の2つのアライメントマーク21A、21Bが形成されている。基準マーク13A、13Bの間隔は、アライメントマーク21A、21Bの投影光学系3による縮小像の間隔とほぼ等しく設定されており、基準マーク13A、13Bの中心をほぼ光軸AXに合致させた状態で、基準マーク部材12の底面側から露光光ILと同じ波長の照明光で照明することによって、基準マーク13A、13Bの投影光学系3による拡大像がそれぞれアライメントマーク21A、21Bの近傍に形成される。

【0032】これらのアライメントマーク21A、21Bの上方に投影光学系3側からの照明光を±X方向に反射するためのミラーが配置され、これらのミラーで反射された照明光を受光するようにTTR（スルー・ザ・レ

チクル）方式で、撮像方式のアライメントセンサ14A、14Bが備えられている。アライメントセンサ14A、14Bによって、アライメントマーク21A、21B、及び対応する基準マーク13A、13Bの像が撮像され、その撮像信号が図3のアライメント信号処理系15に供給される。

【0033】アライメント信号処理系15は、その撮像信号を画像処理して、基準マーク13A、13Bの像に対するアライメントマーク21A、21BのX方向、Y方向への位置ずれ量を求め、これら2組の位置ずれ量を主制御系9に供給する。主制御系37は、その2組の位置ずれ量が互いに対称に、かつそれぞれ所定範囲内に収まるようにレチクルステージ2の位置決めを行う。これによって、基準マーク13A、13Bに対して、アライメントマーク21A、21B、ひいてはマスターレチクルRiの親パターンPi（図1参照）が位置決めされる。

【0034】この状態で図2の主制御系9は、レーザ干渉計8によって計測される試料台5のX方向、Y方向の座標を記憶することで、マスターレチクルRiのアライメントが終了する。この後は、親パターンPiの露光中心に、試料台5（基板4）上の任意の点を移動することができる。また、図4において、投影光学系PLの側面に、基板4上のマークの位置検出を行うために、オフ・アクシス方式で、画像処理方式のアライメントセンサ（不図示）も備えられ、基板4上のX方向の端部に例えば十字型の2つのアライメントマーク24A、24Bが形成されている。そして、例えば1枚目のマスターレチクルR1の露光を行う前に、そのアライメントセンサによってアライメントマーク24A、24Bの位置を検出し、この検出結果に基づいて基準マーク13A、13Bに対する基板4の位置関係を求めることで、マスターレチクルRiの露光中心を基板4上の所望の位置に合わせ込むことができる。なお、基板4に対しては一層の露光が行われるのみであるため、アライメントマーク24A、24Bを用いることなく、例えば基板4の外形基準で基板4の初期状態のアライメントを行い、その後はレーザ干渉計8の計測値に基づいて基板4の位置決めを行うのみでもよい。

【0035】このようにアライメントを行うことによって、図4に示すように、i番目のマスターレチクルRiの親パターンPiの投影光学系3による縮小像Piが、基板4上のX軸及びY軸に平行な辺で囲まれた矩形のパターン領域25内のi番目のショット領域Siに露光される。図4において、基板4のパターン領域25内で既に露光された親パターンの縮小像は実線で示され、未露光の縮小像は点線で示されている。このようにして、図1のN個のマスターレチクルR1～RNの親パターンP1～PNの縮小像を、順次基板4上の対応するショット領域S1～SNに露光することで、各親パターン

P1～PNの縮小像は、それぞれ隣接する親パターン
の縮小像と画面継ぎを行いながら露光されたことになる。
これによって、基板4上に図1の親パターン36を1/ α
倍で縮小した投影像が露光される。

【0036】その後、図2(E)に示すように、基板4
上のフォトリソ層33を現像すると、そのフォトリ
ソ層がポジ型である場合には、投影像の暗部がレジ
ストパターン33aとして残される。次に、図2(F)に
示すように、そのレジストパターン33aをマスクとし
て吸収層32のエッチングを行った後、図2(G)に示
すように、残っているレジストパターン33aの剥離を
行うことによって、基板4上の反射膜31上で親マスク
の縮小像の暗部に対応する領域に吸収層32aが残され
て、本例のワーキングレチクル34が完成する。

【0037】なお、上記のようにマスターレチクルRi
の親パターンを基板4上につなぎ合わせて縮小転写す
際には、各マスターレチクルRi上の所定のマーク(例
えばアライメントマーク21A, 21B)も縮小転写
し、隣接するマスターレチクルの親パターンの縮小像を
転写する際にそのマークの潜像の位置を検出し、この検
出結果よりその隣接するマスターレチクルの親パターン
の縮小像の転写位置の補正を行うようにしてもよい。

【0038】また、図1の原版パターン27に例えば密
集パターンと孤立パターンとが形成されている場合、マ
スターレチクルR1～RN中の1枚のマスターレチクル
Raには密集パターンのみが形成され、別の1枚のマ
スターレチクルRbには孤立パターンのみが形成されるこ
とがある。このとき、密集パターンと孤立パターンとで
は最良の照明条件や結像条件等の露光条件が異なるた
め、マスターレチクルRiの露光毎に、その親パターン
Piに応じて、露光条件、即ち照明光学系1内の開口絞
りの形状や大きさ、コヒーレンスファクタ(σ 値)、及
び投影光学系3の開口数等を最適化するようにしてもよ
い。また、その露光条件を最適化するために、投影光学
系3の瞳面付近に所定の光学フィルタ(いわゆる瞳フィ
ルタ)を挿脱したり、又は特に孤立パターンの露光を行
う際には、投影光学系3の像面と基板4の表面とを所定
範囲内でZ方向に相対的に振動させるいわゆる累進焦点
法(フレックス法)を併用したりしてもよい。

【0039】なお、上記の実施の形態において、図1の
マスターレチクルP1～PNの枚数は16枚に固定され
たものではなく、製造しようとする反射型のワーキング
レチクル34に形成される原版パターンの大きさ等によ
って増減するものである。また、その原版パターンがD
RAMのように規則的なパターンであれば、そのマ
スターレチクルP1～PNの内の所定の複数のレチクルを、
1枚のレチクルで兼用することができる。この場合に
は、電子ビーム描画装置で描画するマスターレチクルの
枚数が減るため、マスターレチクルの作製に要する時間
が短縮できる。

【0040】また、上記の実施の形態では、ワーキング
レチクル34の基板4としてシリコンウエハを用いてい
るが、これによって、図3に示す半導体製造用の投影露
光装置をほぼそのまま使用して、マスターレチクルのパ
ターン像の露光を行うことができる。更に、エッチング
等のプロセス処理装置としても、従来のシリコンウエハ
用の処理装置(薄膜形成装置、レジストコート、レジス
ト現像装置、エッチング装置等)がそのまま使用できる
ため、新たに製造設備を用意する必要がなく、反射型の
ワーキングレチクル34の製造コストを低くすることが
できる。更に、図1のN枚のマスターレチクルP1～P
Nを一度作製すれば、後は光学式の投影露光装置を用い
た露光を繰り返すのみでワーキングレチクル34と同一
のレチクルを必要な枚数だけ短時間に、かつ同一の精度
で製造できるため、全体として製造に要する時間を短縮
できると共に、全体の製造コストを低減することができ
る。

【0041】次に、上記のように製造された図1の反射
型のワーキングレチクル34を用いて露光を行う場合の
動作の一例につき説明する。図5は、そのワーキングレ
チクル34を装着してEUV光を露光ビームとして露光
を行う、縮小投影型でステップ・アンド・スキャン方式
(走査露光型)の露光装置(以下「EUVL用露光装
置」という)を示し、この図5において、水平面内で図
5の紙面に垂直にX軸を、図5の紙面に平行にY軸を取
り、鉛直方向にZ軸を取って説明する。このとき、レチ
クルベース42上にY方向に移動自在にレチクルステー
ジ41が設置され、レチクルステージ41の底面に基板
ホルダ22が電磁吸着等によって保持され、基板ホルダ
22の上面(鉛直下方)にワーキングレチクル34が静
電吸着によって保持されている。ワーキングレチクル3
4と基板ホルダ22とは、図3の投影露光装置から一体
的に搬送されたものである。

【0042】そして、例えばSOR(Synchrotron Orbi
tal Radiation)リング、又はレーザ・プラズマ光源等
のX線源43から射出された露光ビームとしての波長1
3nmの軟X線IL1は、投影光学系46内のミラー5
1で反射されて、ワーキングレチクル34のパターン領
域の円弧状の照明領域を法線方向に対して斜めに照明す
る。そして、ワーキングレチクル34で反射された軟X
線IL1は、投影光学系46内で第1の凹面鏡52、凸
面鏡53、平面鏡54、及び第2の凹面鏡55を経て、
露光対象のウエハ(wafer)W上に、その照明領域のパ
ターンを1/ β (この例では1/ β は1/4)に縮小した
像を形成する。凹面鏡52等の中で軟X線IL1が通過
する部分には開口が形成されている。軟X線のような波
長が例えば1～50nm程度のEUV光に対しては適当
な透過性の硝材が無いため、本例の投影光学系46は反
射系より構成されており、レチクルとしても反射型のワ
ーキングレチクル34が使用されている。

【0043】また、投影光学系46の開口数は0.08以上であり、例えば0.1~0.2程度に設定されている。軟X線IL1の波長が13nmであるため、投影光学系46によって100~50nm程度の解像度を得ることができる。また、例えば100~50nmの解像度(最小線幅)を得たい場合には、ワーキングレチクル34のパターンの最小線幅は400~200nmとなるが、この線幅であれば図3の光学式の投影露光装置で十分に達成できる。

【0044】また、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージ49上に保持され、ウエハステージ49は、定盤50上でY方向にウエハWを連続移動すると共に、X方向及びY方向にウエハWのステップ移動を行う。更に、ウエハステージ49は、オートフォーカス方式でウエハWの表面を投影光学系46の像面に合わせ込むように、ウエハWのフォーカス位置や傾斜角の制御も行う。レチクルステージ41及びウエハステージ49の位置はそれぞれレチクルステージ駆動系44及びウエハステージ駆動系47内のレーザ干渉計によって計測され、これらの計測値に基づいて主制御系45がレチクルステージ駆動系44及びウエハステージ駆動系47を介してレチクルステージ41、及びウエハステージ49を同期駆動する。

【0045】即ち、露光時には、ウエハW上の一つのショット領域を走査開始位置にステップ移動した後、レチクルステージ41を介してワーキングレチクル34を軟X線IL1の照明領域に対して+Y方向(又は-Y方向)に速度VRで走査すると同期して、ウエハステージ49を介してウエハWを-Y方向(又は+Y方向)に速度VR/βで走査することによって、当該ショット領域にワーキングレチクル34の縮小像が露光される。

【0046】この際に、本例の投影光学系46の光軸AX1は鉛直方向(Z方向)に平行であり、かつ投影光学系46はウエハW側にはテレセントリックであるが、レチクル側ではテレセントリック性が崩れている。そのため、ワーキングレチクル34の表面に凹凸が生じているか、又はその表面がZ方向に垂れ下がるがあると、ウエハW上の縮小像に歪等が生じる恐れがある。しかしながら、本例では、ワーキングレチクル34は、基板ホルダ22と一体的に搬送されており、異物等がワーキングレチクル34の裏面に挟まれる恐れが無いと共に、ワーキングレチクル34はほぼ全面で吸着されているため、ワーキングレチクル34のパターン面は極めて高い平面度(100mm角で0.1~0.3μm程度以下)を維持している。従って、ウエハW上に常に高精度にワーキングレチクル34のパターンの縮小像が転写され

る。

【0047】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0048】

【発明の効果】本発明のマスクの製造方法によれば、第1の原版パターンの描画誤差は第2の基板上では縮小されると共に、親マスクのパターンを光学式の投影露光装置で第2の基板上に転写するのみで同一のマスクを何枚でも製造できるため、そのマスクを高精度に、かつ短時間に形成できる利点がある。

【0049】また、そのマスクは、極端紫外光を反射する反射層を有しているため、極端紫外光を露光ビームとして使用する露光装置において、そのマスクを反射型のマスクとして使用することができる。また、その基板が半導体ウエハのような円形の基板である場合には、例えば半導体製造用の光学式の投影露光装置をそのまま使用できるため、その反射型のマスクの製造コストを低減できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例において、マスターレチクルの縮小像を露光してワーキングレチクルを製造するための全体の製造工程を示す図である。

【図2】 そのワーキングレチクル用の基板にフォトリジストを塗布して原版パターンを形成するための各製造工程を示す一部を切り欠いた拡大図である。

【図3】 その実施の形態の一例でマスターレチクルの縮小投影を行う際に使用される光学式の投影露光装置を示す構成図である。

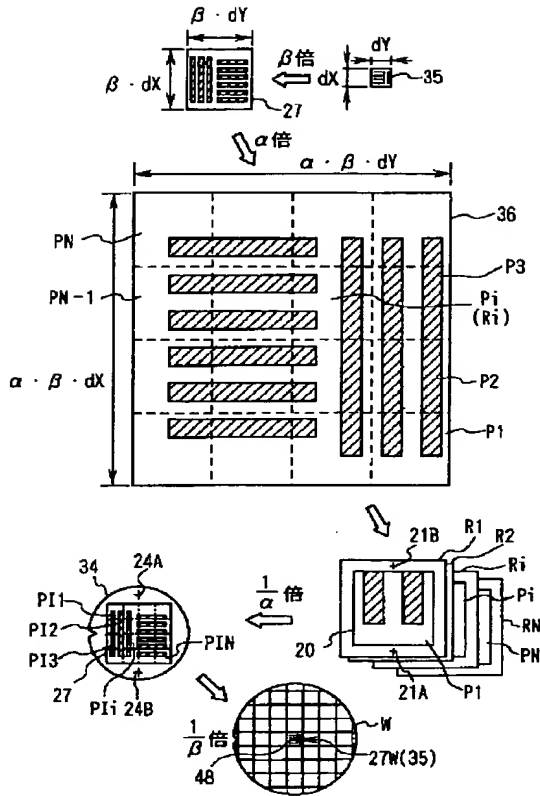
【図4】 図3の投影露光装置において、マスターレチクル上の親パターンの縮小像を基板4上に投影する状態を示す要部の斜視図である。

【図5】 その実施の形態で製造されたワーキングレチクルを装着して、露光ビームとしてEUV光を用いて露光を行う露光装置の一例を示す一部を断面で表した構成図である。

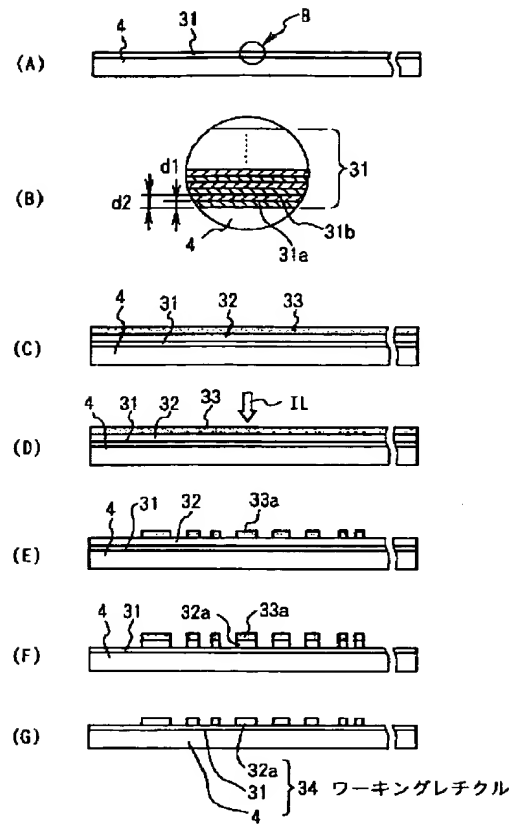
【符号の説明】

R1~RN…マスターレチクル(親マスク)、P1~PN…分割された親パターン、3…投影光学系、4…ワーキングレチクル用の基板、5…試料台、6…XYステージ、16…レチクルライブラリ、18…スライド装置、19…レチクルローダ、22…基板ホルダ、27…原版パターン、31…反射膜、32…吸収層、33…フォトリジスト層、34…ワーキングレチクル、43…X線源、46…投影光学系

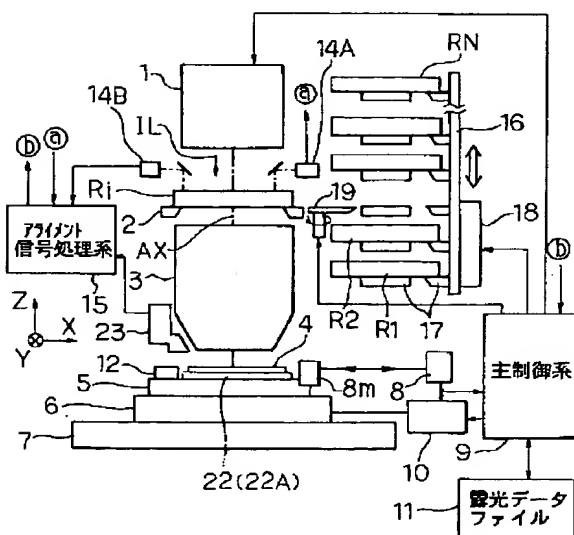
【図1】



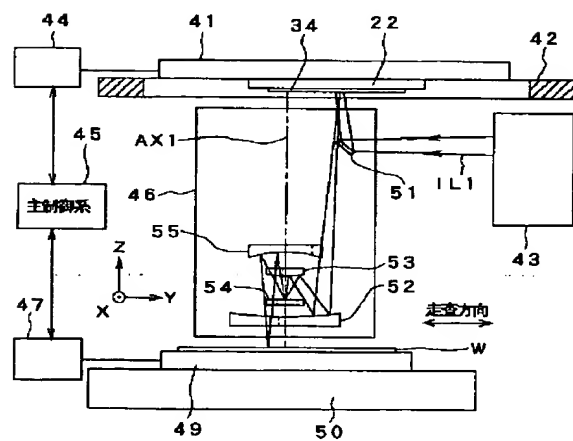
【図2】



【図3】



【図5】



【例 4】

